

Koridor : Kalimantan
Fokus Kegiatan : Kelapa Sawit

**LAPORAN AKHIR
(TAHUN KEDUA)**

**PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL MASTERPLAN PERCEPATAN DAN
PERLUASAN PEMBANGUNAN EKONOMI INDONESIA
2011 – 2025 (PENPRINAS MP3EI 2011-2025)**



FOKUS/ KORIDOR: KELAPA SAWIT/ KORIDOR KALIMANTAN

TOPIK KEGIATAN

**APLIKASI BIOREMEDIASI, MIKORIZA, DAN BIOFERTILISASI UNTUK
MENUNJANG PERTUMBUHAN TANAMAN KELAPA SAWIT PADA LAHAN
PASCA PENAMBANGAN EMAS DI KALIMANTAN TENGAH**

Dr. LISWARA NENENG, M.Si. (NIDN 0028016807)
Ir. YUSINTHA TANDUH, M.P. (NIDN 0030116206)

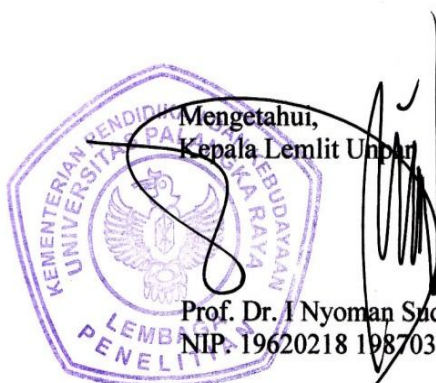
Dibiayai Oleh:
Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian MP3EI
(Masterplan Percepatan Pertumbuhan Pembangunan Ekonomi Indonesia)
Nomor: 291/SP2H/PL/DIT.LITABMAS/VII/2013
Tanggal 15 Juli 2013

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

NOPEMBER 2013

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Aplikasi Bioremediasi, Mikoriza, dan Biofertilisasi untuk Menunjang Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit pada Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah
2. Fokus Penelitian : Kelapa Sawit
3. Ketua Peneliti :
 - a. Nama lengkap : Dr. Liswara Neneng, M.Si.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP : 19680128 199403 2 002
 - d. NIDN : 0028016807
 - e. Jabatan Struktural : Ketua Program Studi S2 Pendidikan Biologi
 - f. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - g. Fakultas/Jurusan : FKIP / Pendidikan MIPA
 - h. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Universitas Palangkaraya
 - i. Alamat : Kampus Unpar Tunjung Nyahu
Jl. H. Timang Kotak Pos 2 PLKUP
Palangka Raya. 73111.
 - j. Telepon/ Fax. : 05363223322/ 05363229087
 - k. Alamat Rumah : Jl. Sapan IIA No. 216, Palangka Raya
 - l. Telepon/ e-mail : 085252763573/liswara.neneng@yahoo.com
4. Jangka Waktu Penelitian : 3 tahun
Usulan tahun ke : 3 (Tiga)
5. Jumlah Biaya yang disetujui
Dikti
Tahun ke-2 : Rp. 160.000.000,-
6. Kontribusi dari Mitra (*in kind*) : Rp. 50.000.000,-



Prof. Dr. I Nyoman Sudyana, M.Sc.
NIP. 19620218 198703 1 002

Palangka Raya, Nopember 2013
Ketua Peneliti,

Dr. Liswara Neneng, M.Si.
NIP. 19680128 199403 2 002



Prof. Dr. Ferdinand, MS
NIP. 19580111 198701 1 001

I. Identitas Kegiatan

- 1a. Topik Kegiatan : Kelapa Sawit
- b. Tema (Koridor) : Pusat Produksi dan Pengolahan Hasil Tambang dan Lumbung Energi Nasional
- 2. Ketua Peneliti :
 - a. Nama Lengkap : Dr. Liswara Neneng, M.Si.
 - b. Bidang Keahlian : Biologi (Mikrobiologi)
- 3. Anggota Peneliti :

No.	Nama dan Gelar	Keahlian	Institusi	Curahan Waktu (Jam/Minggu)
1.	Ir. Yusintha Tanduh, M.P.	Konservasi Lahan	Jurs. Kehutanan Unpar	20

4. Isue Strategis:

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan yang sedang berkembang pesat di Kalimantan Tengah. Salah satu keterbatasan dalam mengembangkan budidaya kelapa sawit adalah terkait ketersediaan lahan. Hutan yang ada di Kalimantan Tengah, sebaiknya tidak dieksploitasi untuk dijadikan lahan kelapa sawit, karena hal ini akan menyebabkan berkurangnya biodiversitas yang ada, serta berbagai dampak lingkungan lainnya. Sementara itu, lahan pasca penambangan emas yang jumlahnya puluhan ribu hektar di Kalimantan Tengah, hingga saat ini menjadi lahan tidur yang tidak produktif, akibat rusaknya lapisan top soil, minimnya unsur hara, dan berbagai kondisi yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman, termasuk kelapa sawit. Pada penelitian ini, dilakukan upaya reklamasi lahan pasca penambangan emas melalui perbaikan kondisi tanah dan revegetasi. Perbaikan kondisi tanah, meliputi kegiatan: bioremediasi, penambahan mikoriza, dan biofertilisasi. Revegetasi menggunakan tanaman penutup dan kelapa sawit, yang ditanam secara berselang-seling (tumpang sari). Bioremediasi dilakukan menggunakan konsorsium bakteri yang mampu mengurangi kontaminasi merkuri di lingkungan, yakni gabungan *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., dan juga penambahan fitoremediator merkuri berupa tumbuhan karamunting (*Melastoma* sp.) (Hasil penelitian Neneng, 2007 – 2010). Mikoriza menggunakan jenis MVA. Biofertiliser menggunakan kompos dan penambahan seresah. Tumbuhan penutup berupa *Arachis* sp., dan *Colopogonium* sp. Tumbuhan budidaya berupa kelapa sawit.

5. Topik Kegiatan

Aplikasi Bioremediasi, Mikoriza, dan Biofertilisasi untuk Menunjang Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit pada Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah.

6. Objek Kegiatan

Objek kegiatan ini adalah berupa kegiatan reklamasi tanah atau proses perbaikan kondisi tanah baik dari aspek fisik, kimiawi, dan biologis, dengan menggunakan metode bioremediasi, biofertilisasi, dan penambahan mikoriza.

7. Lokasi Kegiatan

Implementasi kegiatan penelitian tahun pertama dilaksanakan pada skala laboratorium, dengan menggunakan 150 unit sampel tanah yang diambil dari lahan pasca penambangan emas di Hampalit Kalimantan Tengah. Implementasi lanjutan penelitian pada tahun kedua dan ketiga, akan dilaksanakan di lahan pasca penambangan emas yang berlokasi di Hampalit, Kabupaten Katingan, Propinsi Kalimantan Tengah. Areal ini dipilih, karena sudah lebih dari 10 tahun menjadi lahan pasir yang tidak produktif, akibat kegiatan penambangan emas. Lokasi ini juga memiliki areal yang paling luas di antara lokasi tambang emas lainnya yang ada di Kalimantan Tengah, yakni mencapai areal ribuan hektar. Hingga saat ini, lokasi ini masih belum dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian maupun perkebunan yang produktif.

8. Hasil yang ditargetkan

Target hasil penelitian tahun I: menemukan formula “biofertilizer plus” yang efektif untuk memperbaiki kondisi tanah berpasir pasca penambangan emas agar dapat menunjang pertumbuhan kelapa sawit. Formula tersebut diharapkan mampu: 1) mengurangi toksisitas merkuri pada lahan, menggunakan metode bioremediasi dan fitoremediasi; 2) memperbaiki struktur dan tekstur tanah, melalui penambahan media seresah dan komponen organik dari limbah sawit; 3) meningkatkan unsur hara pada tanah berpasir, dengan cara menambahkan biofertiliser dan mikoriza; 4) meningkatkan vegetasi tumbuhan, melalui aplikasi tanaman penutup dari kelompok *Arachis* sp., serta 5) meningkatkan produktivitas lahan pasir, dengan melakukan ujicoba aplikasi jenis tumbuhan budidaya dari jenis tanaman kelapa sawit.

Target hasil penelitian tahun II: 1) menemukan formula “biofertilizer plus” yang efektif diaplikasikan langsung pada lahan, serta mampu memperbaiki kondisi fisik,

kimiawi, dan biologis lahan berpasir pasca penambangan emas, 2) menemukan formula biofertilizer plus yang efektif untuk menunjang pertumbuhan tanaman kelapa sawit di lahan berpasir pasca penambangan emas, 3) menemukan prototype kemasan formula “biofertilizer plus” yang praktis, efektif, efisien, dan mudah diaplikasikan oleh masyarakat.

Target hasil penelitian tahun III: 1) meningkatkan peran serta masyarakat dalam membuat, memproduksi, dan mengolah lahan tidak subur menggunakan formula biofertilizer plus, untuk dijadikan sebagai lahan produktif, 2) mengembangkan plot percontohan kelapa sawit dan tanaman sela di tanah pasir setelah diolah dengan formula biofertilizer plus, 3) mengembangkan kemasan biofertilizer plus, sehingga mudah diproduksi, digunakan, dan dipasarkan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat di sekitar lahan pasca penambangan emas.

9. Institusi lain (Mitra) yang terlibat

Mitra yang dilibatkan dalam kegiatan ini adalah Dinas Perkebunan Propinsi Kalimantan Tengah, Dinas Perkebunan Kabupaten Katingan, Propinsi Kalimantan Tengah.

10. Sumber biaya dari mitra: Rp. 50.000.000,-

11. Keterangan lain yang dianggap perlu

Kegiatan penelitian yang akan dilaksanakan ini merupakan lanjutan dari beberapa kegiatan penelitian sebelumnya, antara lain: 1) Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. (Disertasi, Universitas Negeri Malang, 2007); 2) Analisis Peranan Koenzim dan Kofaktor Ion Logam dalam Meningkatkan Aktivitas Bioremediasi Merkuri (Hg) Oleh *Pseudomonas Sp.* Dan *Klebsiella Sp.* Isolat Indigenus Sungai Kahayan Kalimantan Tengah (Hibah Fundamental DIKTI, 2010, Ketua); 3) Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Penelitian Strategis Nasional, 2009, Ketua); 4) Aplikasi konsorsium mikroorganisme dan Tumbuhan Fitoremediator Merkuri (Hg) untuk Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Strategis Nasional dana DIKTI, 2010-2011. Ketua). 5) Pengembangan Metode Reklamasi Terpadu pada Lahan Pasca Tambang Emas untuk Budidaya Tanaman Perkebunan di Kalimantan Tengah (Hibah Insinas Ristek, 2011, Ketua).

II. Substansi Kegiatan

ABSTRAK

Lahan berpasir pasca tambang emas di Kalimantan Tengah memiliki luas puluhan ribu hektar. Lahan berpasir ini telah menjadi lahan kritis yang ditandai dengan hilangnya lapisan topsoil tanah, minimnya unsur hara dan vegetasi tanah, sebagian lahan masih terkontaminasi Hg (merkuri) dalam kisaran 2 hingga 4,5 ppm, dan pH tanah rata-rata 5. Kondisi ini sangat tidak menunjang pertumbuhan tanaman, akibatnya lahan berpasir yang rata-rata telah tidak digunakan lagi selama 2 hingga 10 tahun, tetap menjadi lahan berpasir yang sangat minim vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengurangi kontaminasi merkuri melalui proses bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri lokal yang potensial mereduksi merkuri, 2) memperbaiki kondisi struktur dan tekstur tanah melalui perlakuan penambahan media tanah dari bahan organik limbah sawit, 3) meningkatkan unsur hara tanah melalui penambahan biofertiliser dan mikoriza, 4) meningkatkan vegetasi tanah melalui kegiatan revegetasi menggunakan tanaman penutup dari kelompok leguminosae (*Calopogonium* sp.), dan jenis tumbuhan kelapa sawit. Metode penelitian yang digunakan adalah implementasi untuk uji secara eksperimental di laboratorium untuk menentukan metode persiapan lahan yang sesuai untuk kelapa sawit (penelitian tahun I), dan eksperimental di lapangan (penelitian tahun II) dengan menggunakan hasil terbaik yang diseleksi dari tahun I, dan melibatkan penduduk setempat untuk proses persiapan, penanaman, dan pemeliharaan tanaman kelapa sawit. Pada penelitian tahun ke III, dipilih hasil terbaik dari penelitian tahun II, dengan lebih mengoptimalkan peran serta masyarakat. Perlakuan dalam penelitian berupa: bioremediasi, penambahan mikoriza, biofertilisasi, dan revegetasi. Indikator keberhasilan diukur dari: 1) pengurangan polutan merkuri pada tanah, 2) peningkatan unsur hara tanah (makro dan mikro), 3) perbaikan struktur dan tekstur tanah, 4) pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Metode bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. (telah diuji sejak tahun 2006), Biofertiliser menggunakan: limbah sawit dan kompos dari limbah tumbuhan dan hewan. Jenis mikoriza yang digunakan adalah MVA, jenis tanaman penutup berupa *Calopogonium* sp., dan *Arachis* sp., dan tumbuhan bernilai ekonomis yang diuji coba adalah kelapa sawit. Lokasi penelitian dilaksanakan di areal pasca tambang emas di Hampalit, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah. Lokasi ini dipilih karena merupakan lokasi terbesar dengan hamparan lahan tandus berpasir yang paling luas dan representatif untuk lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah. Hasil penelitian ini sangat diharapkan bermanfaat bagi pemerintah dan masyarakat setempat, agar lahan rusak pasca tambang emas di Kalimantan Tengah dapat dipulihkan kembali kondisinya, dan dapat lebih produktif. Hasil penelitian tahun II memperlihatkan perlakuan bioremediasi, biofertilisasi, penambahan mikoriza, penambahan senyawa organik, dan penutup tanah secara terpadu, berpengaruh sangat signifikan terhadap penurunan kadar Hg tanah, terhadap peningkatan unsur hara tanah, serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada lahan pasca penambangan emas. Perlakuan kombinasi bahan pengaya organik berupa arang kayu dan jenis biofertilizer plus dari kelompok P2 yang diperkaya oleh mikroorganisme tanah subur dan EM4, memberikan peningkatan pertumbuhan tanaman yang lebih cepat dibandingkan jenis perlakuan lainnya.

Kata Kunci: Lahan Ex tambang emas, Bioremediasi, Biofertilisasi, Mikoriza, kelapa sawit

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Pengesahan	ii
Identitas Kegiatan	iii
Abstrak	iv
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Daftar Lampiran	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Khusus	2
1.3 Urgensi Penelitian	3
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Tanah Berpasir.....	4
2.2 Metode Bioremediasi	4
2.3 Metode Biofertilisasi	4
2.4 Aplikasi Mikoriza.....	5
2.5 Metode Revegetasi	5
BAB III. PETA JALAN PENELITIAN	10
3.1 Penelitian yang dilaksanakan pada Tahun Kedua	11
3.2 Rencana arah penelitian selanjutnya	13
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Hasil Penelitian	14
4.1 .1 Deskripsi Kegiatan Penelitian	14
4.1.2 Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit	15
4.2 Pembahasan	25
BAB V PENUTUP.....	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Rancangan perlakuan penelitian di lapangan	12
Tabel 4.1 Peningkatan tinggi batang tanaman kelapa sawit pada umur 4 bulan setelah tanam	16
Tabel 4.2 Peningkatan diameter batang tanaman kelapa sawit pada umur 4 bulan setelah tanam	16
Tabel 4.3 Peningkatan panjang pelepah tanaman kelapa sawit pada umur 4 bulan setelah tanam	16
Tabel 4.4 Rata-rata peningkatan pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada umur 4 BST, akibat perlakuan kombinasi bioremediasi, biofertilisasi, dan mioriza (biofertilizer plus)	17
Tabel 4.5 Rata-rata peningkatan pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada umur 4 BST, akibat perlakuan jenis bahan pengaya organik	17
Tabel 4.6 Ringkasan Anova kadar Hg tanah	20
Tabel 4.7 Hasil Uji BNJ kadar Hg tanah	20
Tabel 4.8 Ringkasan Anova kadar K tanah	21
Tabel 4.9 Ringkasan Anova kadar P tanah	22
Tabel 4.10 Hasil uji BNJ kadar P tanah	22
Tabel 4.11 Ringkasan Anova kadar N tanah	23
Tabel 4.12 Hasil uji BNJ kadar n tanah	23
Tabel 4.13 Ringkasan Anova kadar Mg tanah	24
Tabel 4.14 Hasil uji BNJ kadar Mg tanah	25

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Jenis bahan pengaya bahan organik	14
Gambar 4.2 Seresah daun dari 2 jenis gulma	15
Gambar 4.3 Aplikasi biofertilizer plus pada lubang tanam untuk kelapa sawit	15
Gambar 4.4 Rata-rata peningkatan pertumbuhan tanaman kelapa sawit akibat perlakuan biofertilizer plus	18
Gambar 4.5 Rata-rata peningkatan pertumbuhan tanaman kelapa sawit akibat perlakuan bahan pengaya organik	18
Gambar 4.6 Hasil analisis kadar Hg tanah	19
Gambar 4.7 Hasil analisis kadar K tanah	20
Gambar 4.8 Hasil analisis kadar P tanah	21
Gambar 4.9 Hasil analisis kadar N tanah	23
Gambar 4.10 Hasil analisis kadar Mg tanah	24

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Karakteristik bibit sawit yang digunakan	31
Lampiran 2 Karakteristik limbah sawit dan seresah yang digunakan sebagai komponen biofertiliser	31
Lampiran 3 Karakteristik isolate mikroorganisme untuk proses bioremediasi ...	32
Lampiran 4 Karakteristik tanaman penutup	33
Lampiran 5 Surat pernyataan mitra	36

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu jenis palma yang menghasilkan minyak untuk tujuan komersil. Minyak sawit selain digunakan sebagai minyak makanan margarine, dapat juga digunakan untuk industri sabun, lilin, untuk membuat lembaran-lembaran timah, dan untuk industri kosmetik. Perkebunan kelapa sawit yang ada di Kalimantan Tengah mencapai jumlah ribuan hektar, baik yang dikelola oleh perusahaan maupun oleh masyarakat. Sumberdaya perkebunan kelapa sawit yang sangat besar, jika dikelola dengan baik, tentu merupakan potensi Pendapatan Asli Daerah (PAD) yang besar bagi daerah.

Saat ini, ketersediaan lahan menjadi suatu pembatas untuk perluasan pengembangan sawit di Kalimantan Tengah. Pembukaan hutan untuk lahan kelapa sawit dapat menyebabkan berkurangnya biodiversitas yang ada, serta berbagai dampak lingkungan lainnya. Sementara itu, lahan pasca penambangan emas yang luasnya puluhan ribu hektar di Kalimantan Tengah, hingga saat ini menjadi lahan tidur yang tidak produktif, karena hilangnya lapisan topsoil tanah, minimnya unsur hara dan vegetasi tanah, sebagian lahan masih terkontaminasi Hg (merkuri) dalam kisaran 2 hingga 4,5 ppm, dan pH tanah rata-rata 5. Areal seperti ini, tersebar di hampir semua kabupaten dari 13 kabupaten dan 1 kota yang ada di provinsi Kalimantan Tengah.

Melalui kegiatan penelitian ini, dilakukan upaya perbaikan kondisi tanah dan revegetasi, dengan melibatkan penduduk di sekitar lokasi kegiatan. Perbaikan kondisi tanah, meliputi kegiatan: bioremediasi, penambahan mikoriza, dan biofertilisasi. Revegetasi menggunakan tanaman penutup dan kelapa sawit. Bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri yang mampu mengurangi kontaminasi merkuri di lingkungan, yakni gabungan *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., dan juga penambahan fitoremediator merkuri berupa tumbuhan karamunting (*Melastoma* sp.) (Hasil penelitian Neneng, 2007 – 2010). Mikoriza menggunakan jenis MVA. Biofertiliser menggunakan kompos dan penambahan seresah. Tumbuhan penutup berupa *Calopogonium* sp. dan *Arachis* sp. Tumbuhan budidaya berupa kelapa sawit.

Hasil penelitian tahun I memperlihatkan perlakuan bioremediasi, biofertilisasi, penambahan mikoriza, penambahan senyawa organik, dan penutup tanah secara terpadu, menghasilkan perbaikan fisik tanah ditinjau dari tekstur, dari sebelumnya didominasi tanah berpasir, menjadi tanah dengan terjadinya peningkatan tekstur halus tanah, dan penurunan

persentase tekstur pasir. Perbaikan kondisi fisik tanah, memicu tumbuhnya 1 hingga 5 jenis tanaman lain pada tiap plot perlakuan, hal ini tidak ditemukan pada kontrol. Bibit sawit usia 4,5 bulan, tumbuh subur di media tanah pasir dari ex lahan tambang emas, dengan kondisi jumlah daun rata-rata 5 helai, panjang batang rata-rata 20 cm, diameter batang rata-rata 1,22 cm, panjang akar rata-rata 17 cm. Kondisi ini tidak jauh berbeda dengan kondisi bibit sawit yang ditanam di tanah subur pada usia yang sama, yakni: jumlah daun 5 helai, panjang batang 26,6 cm, dan diameter batang 1,3 cm. Kondisi pertumbuhan sawit pada tanah pasir yang diberi perlakuan memperlihatkan kenaikan sebesar 40% pada parameter panjang batang, kenaikan jumlah daun sebesar 23%, kenaikan luas permukaan daun sebesar 82%, dibandingkan kontrol. Kesimpulan penelitian: lahan berpasir ex areal penambangan emas, masih punya potensi untuk diolah menjadi lahan produktif untuk lahan perkebunan, terutama dari jenis kelapa sawit.

Penelitian tahun II, merupakan uji coba skala lapang, menggunakan dua formula “biofertilizer plus” terbaik hasil seleksi tahun I, dan melibatkan penduduk setempat untuk proses persiapan, penanaman, dan pemeliharaan tanaman kelapa sawit. Aplikasi gabungan formula terbaik di lapangan ini dilakukan menggunakan 3 bentuk formula, yakni: aplikasi formula bentuk padat, formula berbentuk agregat halus, dan formula bentuk agregat kasar. Pembedaan struktur formula ini dimaksudkan untuk mengetahui bentuk terbaik yang dapat melepaskan hara secara kontinyu, dan dalam jangka waktu yang lama, mengingat tingkat permeabilitas tanah pasir yang sangat tinggi. Formula yang dimaksudkan merupakan gabungan biofertilizer, bahan organik, isolat mikroorganisme, dan mikoriza, dengan jenis tanaman kelapa sawit, dan tanaman penutup kombinasi *Arachis* sp. dan *Colopogonium* sp. Lokasi penelitian tahun ke II di areal pasca tambang emas di Hampalit, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.

1.2 Tujuan Khusus

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menemukan metode persiapan dan perbaikan kondisi lahan berpasir yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Tujuan khusus kegiatan perbaikan kondisi tanah berpasir pasca penambangan emas, adalah untuk:

- 1) mengurangi polutan merkuri pada tanah, melalui proses bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri lokal yang potensial mereduksi merkuri,
- 2) memperbaiki kondisi stuktur dan tekstur tanah melalui perlakuan penambahan media tanah dari seresah dan bahan organik limbah sawit,

- 3) meningkatkan unsur hara tanah melalui penambahan biofertiliser dan mikoriza,
- 4) meningkatkan vegetasi tanah melalui kegiatan revegetasi menggunakan tanaman penutup dari kelompok leguminosae (*Calopogonium* sp.) dan *Arachis* sp., serta jenis tumbuhan kelapa sawit.

1.3 Urgensi Penelitian

Areal lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah mencapai luas ribuan hektar. Areal ini sudah banyak yang menjadi lahan tidur, antara 2 hingga 10 tahun setelah digunakan untuk kegiatan penambangan emas. Hingga saat ini kondisi lahan masih didominasi oleh tanah berpasir, sirkon, minim unsur hara, pH rendah, dan minim vegetasi. Pemulihan kondisi lahan ke bentuk sebelumnya, maupun peningkatan produktivitas lahan, sangat membutuhkan penanganan khusus dan juga waktu yang cukup. Pemulihan dan perbaikan kondisi lahan berpasir pasca penambangan emas ini masih sangat dibutuhkan dalam rangka mengurangi kemungkinan sebaran polutan merkuri dari lahan pasca tambang emas, dan meningkatkan produktivitas lahan. Jika lahan berpasir ini sudah lebih produktif, diharapkan dapat memberi dampak peningkatan ekonomi bagi penduduk setempat. Upaya perbaikan kondisi lahan berpasir dalam kegiatan penelitian ini dilakukan dengan memadukan beberapa metode, yang meliputi: 1) pengurangan polutan toksik pada lahan pasca penambangan emas menggunakan metode bioremediasi, 2) memperbaiki struktur dan tekstur tanah, yang dilakukan dengan cara penambahan media tanah, 3) meningkatkan unsur hara tanah, dilakukan dengan metode biofertilisasi dan penambahan mikoriza, 4) meningkatkan biota tanah, dilakukan dengan revegetasi menggunakan tanaman penutup dan tanaman budidaya. Kegiatan penelitian yang dilaksanakan ini, diharapkan potensial untuk memperbaiki kondisi tanah pada lahan berpasir pasca penambangan emas di wilayah Kalimantan Tengah.

BAB II. STUDI PUSTAKA

2.1 Tanah berpasir

Tanah-tanah yang termasuk kedalam kategori ini biasanya diklasifikasikan sebagai Psammets atau Spodosol (Soil Survei Staff, 1999) atau Regosol atau Pozols (FAO, 1999). Karakteristik utama tanah ini adalah adanya horison pasir dengan fragmen/pecahan batu atau kerikil di semua sub-horison. Pada kondisi alaminya, area berpasir dapat ditandai dengan vegetasi (biasanya rumput atau hutan kerangas). Tanah berpasir seringkali dijumpai pada terasering aluvial yang berbukit, pinggir pantai dan lapisan sedimen batu. Tanah berpasir dipengaruhi oleh banyak faktor keterbatasan fisika dan kimia tanah :

- Miskin penutup vegetatif sehingga suhu tanah menjadi naik (tanaman muda dapat menjadi kering dengan mudah);
- Mengandung sedikit liat sehingga strukturnya tidak bagus, KTK rendah, dan defisiensi hara makro dan mikro,
- Kelebihan drainase, sehingga menyebabkan defisit air selama kekeringan.

2.2 Metode Bioremediasi

Bioremediasi merkuri menggunakan bakteri sangat potensial, karena bakteri berperan utama dalam siklus global merkuri di lingkungan alami (Nascimento & Souza, 2003). Bakteri menggunakan mekanisme intrasel untuk proses detoksifikasi merkuri, dengan cara mereduksi Hg^{2+} menjadi Hg^0 yang tidak toksik, oleh sekelompok enzim merkuri reduktase yang tergabung dalam operon *mer*. Hg^0 yang terbentuk kemudian berdifusi keluar dari dalam sel (Wagner-Döbler, 2003). Bioremediasi banyak menggunakan bakteri indigenus, meskipun ada juga yang menggunakan strain bakteri atau fungi dari luar (Mellor *et al.*, 1996). Hal ini dilakukan karena bakteri indigenus memiliki daya adaptasi yang lebih tinggi pada lingkungannya. Hasil penelitian Atlas dalam De (2004), memperlihatkan bahwa penggunaan bakteri indigenus meningkatkan keberhasilan bioremediasi hidrokarbon.

Genus mikroorganisme yang telah dilaporkan hingga saat ini, kebanyakan resisten merkuri hingga ≤ 10 ppm (Baldi *et al.*, Robinson & Tuovinen, dan Osborn *et al.* dalam De, 2004). Biofilm *Pseudomonas putida* Spi3 yang diisolasi dari sedimen sungai Spittelwasser, Jerman, mampu mereduksi merkuri pada konsentrasi 7-9 ppm (Canstein *et al.*, 1999). Sebanyak 7 strain *Pseudomonas* sp. yang digunakan untuk mereduksi merkuri limbah pabrik

kloralkali pada skala industri di Jerman, mampu mereduksi merkuri pada konsentrasi maksimal 10 ppm (Wagner-Döbler *et al.*, 2000).

Keberhasilan bioremediasi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, yang meliputi ketersediaan oksigen, kelembaban, pH, temperatur, bahan organik, waktu kontak, dan komposisi mikrobial (Anas, 1997; Suhendrayana, 2001; Vidali, 2001). Pengetahuan tentang kondisi lingkungan yang optimal sangat dibutuhkan untuk keberhasilan bioremediasi, terlebih jika isolat bakteri indigenus yang digunakan berbeda dari sebelumnya.

2.3 Metode Biofertilisasi

Biofertilisasi merupakan salah satu bentuk upaya untuk memperbaiki kondisi lahan dengan menggunakan makhluk hidup atau komponen makhluk hidup. Upaya mengatasi minimnya unsur hara dan populasi mikrobial tanah, dapat dilakukan dengan cara menambahkan nutrisi ke dalam tanah atau dikenal dengan istilah pemupukan. Jenis pupuk yang baik diharapkan bermanfaat meningkatkan unsur hara tanah, aman bagi lingkungan, mudah diperoleh, dan ekonomis dari segi harga. Salah satu sumber pupuk hayati potensial yang masih perlu digali potensinya adalah pemanfaatan limbah produksi kelapa sawit yang berlimpah, terutama di wilayah Kalimantan Tengah.

2.4 Aplikasi Mikoriza

Mikoriza berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu *mycos* yang berarti jamur dan *rhiza* yang berarti akar. Jamur mikoriza pertama kali ditemukan oleh Frank, seorang ilmuwan dari Eropa pada tahun 1885 dan diartikan sebagai *root fungus* (jamur akar) karena kemampuannya mengambil unsur hara seperti layaknya fungsi akar tanaman. Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) merupakan asosiasi antara cendawan tertentu dengan akar tanaman dengan membentuk jalinan interaksi yang kompleks. Mikoriza dikenal dengan jamur tanah karena habitatnya berada di dalam tanah dan berada di area perakaran tanaman (*rizosfer*). Selain disebut sebagai jamur tanah juga biasa dikatakan sebagai jamur akar. Keistimewaan dari jamur ini adalah kemampuannya dalam membantu tanaman untuk menyerap unsur hara terutama unsur hara Pospat (P). Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistik antar cendawan dengan akar tanaman. Baik cendawan maupun tanaman sama-sama memperoleh keuntungan dari asosiasi ini. Infeksi ini antara lain berupa pengambilan unsur hara dan adaptasi tanaman yang lebih baik. Di lain pihak, cendawan pun dapat memenuhi keperluan hidupnya (karbohidrat dan keperluan tumbuh lainnya) dari tanaman inang.

Berdasarkan struktur dan cara cendawan menginfeksi akar, mikoriza dapat dikelompokkan ke dalam tiga tipe :

1. **Ektomikoriza**, merupakan jamur yang pendek, bercabang dua, dan terkadang seperti tandan yang rapat. Ektomikoriza mempunyai sifat antara lain akar yang kena infeksi membesar, bercabang, rambut-rambut akar tidak ada, hifa menjorok ke luar dan berfungsi sebagai alat yang efektif dalam menyerap unsur hara dan air, hifa tidak masuk ke dalam sel tetapi hanya berkembang diantara dinding-dinding sel jaringan korteks membentuk struktur seperti pada jaringan Hartiq.
2. **Ektendomikoriza**, merupakan bentuk antara (*intermediet*) kedua mikoriza yang lain. Ciri-cirinya antarlain adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan Hartiq, hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteknya.
3. **Endomikoriza**, Jamur ini tidak membentuk selubung yang padat, namun membentuk meselium yang tersusun longgar pada permukaan akar. Jamur juga membentuk vesikula dan arbuskular yang besar di dalam sel korteks. Menurut Siti dalam Wikipedia, 2011, Vesikular merupakan suatu struktur berbentuk lonjongatau bulat yang mengandung cairan lemak dan berfungsi sebagai organ penyimpanan makanan atau berkembang menjadi klamidospora yang berfungsi sebagai organ reproduksi dan struktur tahan. Sedangkan yang dimaksud dengan Arbuskular adalah struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon kecil yang mirip haustorium (membentuk pola dikotom) berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dengan jamur. Endomikoriza tidak membentuk mantel yang menyelimuti akar, karena jamur ini berada di dalam korteks akar. Tipe jamur ini, adalah dengan adanya arbuskula yang berada di dalam korteks akar. Arbuskula ini digunakan untuk menyerap nutrisi yang berada di area perakaran.

Akar yang bermikoriza juga diketahui dapat menjalankan fungsinya lebih baik dalam penyerapan hara tanah dibandingkan dengan yang tak bermikoriza dan lebih sedikit kemungkinan terserang oleh patogen tertentu. Jadi simbiose mikoriza adalah bentuk yang berguna bagi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen dan membantu tanaman untuk meningkatkan penyerapan unsur hara. Hampir semua tanaman yang berguna bagi manusia bersimbiose dengan jamur mikoriza dimana akarnya terinfeksi cendawan mikoriza. Sebagian besar tanaman tahunan tidak dapat bertahan hidup lama secara dinamis bila tidak bersimbiose dengan jamur mikoriza karena dalam hal ini peranan mikoriza sebagai kontrol biologi dalam ekosistem terrestrial (Ridiah, 2010).

Manfaat Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh tanaman inang dari adanya asosiasi mikoriza adalah sebagai berikut (Rahayu dan Akbar, 2003) :

- **Meningkatkan Penyerapan Unsur Hara**

Tanaman yang bermikoriza biasanya tumbuh lebih baik dari pada yang tidak bermikoriza, dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan beberapa unsur hara mikro. Selain itu akar tanaman yang bermikoriza dapat menyerap unsur hara dalam bentuk terikat dan tidak tersedia untuk tanaman (Serrano, 1985 dalam Suhardi, 1992 dalam Rahayu dan Akbar, 2003). De la Cruz (1981) dalam Atmaja (2001) dalam Rahayu dan Akbar, 2003 melaporkan lebih banyak lagi unsur hara yang serapannya meningkat dari adanya mikoriza. Unsur hara yang meningkat penyerapannya adalah N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn dan Zn. Hubungan antara MVA dengan organisme tanah tidak bias diabaikan, karena secara bersama-sama keduanya membantu pertumbuhan tanaman.

- **Tahan Terhadap Serangan Patogen**

Mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya infeksi patogen akar. Mekanisme perlindungan ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Adanya lapisan hifa (mantel) dapat berfungsi sebagai pelindung fisik untuk masuknya patogen
2. Mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tidak cocok bagi patogen.
3. Fungi mikoriza dapat melepaskan antibiotik yang dapat menghambat perkembangan patogen.

Menurut Ridiah, 2010, terbungkusnya permukaan akar oleh mikoriza menyebabkan akar terhindar dari serangan hama dan penyakit. Infeksi patogen akar terhambat. Mikoriza menggunakan semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok bagi patogen. Dilain pihak, cendawan mikoriza ada yang dapat melepaskan antibiotik yang dapat mematikan patogen.

Memperbaiki Struktur Tanah dan Tidak Mencemari Lingkungan

Fungi mikoriza yang berasosiasi dengan akar berperan dalam konservasi tanah, hifa tersebut sebagai kontributor untuk menstabilkan pembentukan struktur agregat tanah dengan cara mengikat agregat-agregat tanah dan bahan organik tanah. Mikoriza dapat meningkatkan struktur tanah dengan menyelimuti butir-butir tanah. Stabilitas agregat

meningkat dengan adanya gel polysakarida yang dihasilkan cendawan pembentuk mikoriza., karena bukan merupakan bahan kimia pupuk ini tidak mencemari lingkungan.

- **Mikoriza dapat Memproduksi Hormon dan Zat Pengatur Tumbuh**

Fungi mikoriza dapat memberikan hormon seperti auxin, sitokinin, giberellin, juga zat pengatur tumbuh seperti vitamin kepada inangnya.

2.5 Metode Revegetasi

Aplikasi tanaman penutup

Tanaman penutup tanah adalah tumbuhan atau tanaman yang khusus ditanam untuk melindungi tanah dari ancaman kerusakan oleh erosi dan / atau untuk memperbaiki sifat kimia dan sifat fisik tanah.

Tanaman penutup tanah berperan: (1) menahan atau mengurangi daya perusak butir-butir hujan yang jatuh dan aliran air di atas permukaan tanah, (2) menambah bahan organik tanah melalui batang, ranting dan daun mati yang jatuh, dan (3) melakukan transpirasi, yang mengurangi kandungan air tanah. Peranan tanaman penutup tanah tersebut menyebabkan berkurangnya kekuatan dispersi air hujan, mengurangi jumlah serta kecepatan aliran permukaan dan memperbesar infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga mengurangi erosi.

Tumbuhan atau tanaman yang sesuai untuk digunakan sebagai penutup tanah dan digunakan dalam sistem pergiliran tanaman harus memenuhi syarat-syarat (Osche et al, 1961): (a) mudah diperbanyak, sebaiknya dengan biji, (b) mempunyai sistem perakaran yang tidak menimbulkan kompetisi berat bagi tanaman pokok, tetapi mempunyai sifat pengikat tanah yang baik dan tidak mensyaratkan tingkat kesuburan tanah yang tinggi, (c) tumbuh cepat dan banyak menghasilkan daun, (d) toleransi terhadap pemangkasan, (e) resisten terhadap gulma, penyakit dan kekeringan, (f) mampu menekan pertumbuhan gulma, (g) mudah diberantas jika tanah akan digunakan untuk penanaman tanaman semusim atau tanaman pokok lainnya, (h) sesuai dengan kegunaan untuk reklamasi tanah, dan (i) tidak mempunyai sifat-sifat yang tidak menyenangkan seperti duri dan sulur-sulur yang membelit.

Pertumbuhan Kelapa sawit

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Kelapa Sawit

Menurut Paramanathan (2011) Kelapa sawit membutuhkan panjang hari >5-7 jam/hari setiap bulan. Setelah hujan, radiasi matahari merupakan faktor iklim kedua yang penting. Penelitian menunjukkan hubungan antara radiasi matahari dan hasil produksi antara lain:

- Radiasi matahari berpengaruh terhadap pertumbuhan, asimilasi bersih, dan pembentukan bunga betina (Hartley, 1988),

- Hasil produksi lebih dari 28 bulan berkorelasi dengan radiasi matahari pada periode 12 bulan sebelumnya (Hartley, 1988),
- Jumlah ekstraksi minyak meningkat 18-20 bulan setelah periode panjang hari yang tinggi (Chow and Chang, 1998),
- Tandan buah, mesokarp, rasio buah, dan jumlah ekstraksi minyak menurun setelah periode panjang hari yang tinggi (Prabowo dan Foster, 1998),
- Pembakaran hutan menurunkan radiasi matahari di Sumatera Utara tahun 1997-1998 dan menyebabkan penurunan hasil 1.3-4.6 ton tandan buah segar (TBS) per tahun.
- Kelapa sawit cocok ditanam di daerah tropis ($\leq 38^{\circ}\text{C}$, optimum $22-32^{\circ}\text{C}$) dan sangat sensitif di temperatur rendah. Temperatur rendah menyebabkan stomata tertutup dan mengurangi fotosintesis. Henry (1957) menyebutkan pertumbuhan rata-rata tanaman fase bibit $\leq 15^{\circ}\text{C}$, namun dapat meningkat menjadi $17-25^{\circ}\text{C}$ setelah 3-5 tahun dan temperatur $< 18^{\circ}\text{C}$ untuk pematangan buah. Produksi meningkat dengan rata-rata temperatur $< 27^{\circ}\text{C}$ di Vanuatu dan menurun pada $< 18-19^{\circ}\text{C}$ di Madagaskar untuk 4-5 bulan dalam satu tahun (Olivin, 1986).
- Kelapa sawit memiliki perakaran yang relatif dangkal, dan perakaran yang aktif menyerap unsur hara dapat terlihat 30 cm di kedalaman tanah (Gray, 1969). Dibandingkan dengan tanaman semusim dan kebanyakan tanaman dikotil, sistem perakaran kelapa sawit tergolong buruk dan tidak efisien (Tinker, 1976). Padahal kebutuhan kelapa sawit akan unsur hara justru sangat besar (Goh dan Hardter) dan sangat sulit untuk memperoleh hasil panen yang 'ekonomis' tanpa adanya pupuk tambahan. Kebutuhan unsur hara bergantung kepada jumlah total penyerapan hara yang diperlukan untuk mencapai target produksi, kapasitas hara yang sudah tersedia didalam tanah, dan efisiensi hara tambahan (dalam meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman).

Karakteristik sifat fisik dan kimia tanah yang secara bersama-sama menentukan produksi tandan kelapa sawit adalah C/N, P tersedia, Na, bulk density, dan total ruang pori (Tambunan, 2008).

BAB III. PETA JALAN PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini diawali dari penelitian dalam rangka menyusun disertasi tahun 2007, yang berjudul: Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. Hasil penelitian tersebut menemukan konsorsium isolat *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., yang potensial untuk mengurangi tingkat pencemaran merkuri (Hg) di media cair. Kemampuan kedua isolat ini berkisar antara 15 - 25 ppm.

Mikroorganisme yang potensial untuk bioremediasi merkuri juga digali melalui kegiatan penelitian yang berjudul: Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Penelitian Strategis Nasional, Sumber Dana DIPA Universitas Palangkaraya, 2009, Ketua). Hasil yang diperoleh berupa adanya beberapa jenis bakteri rhizosfer yang mampu tumbuh dan mengurangi tingkat pencemaran merkuri. Selain mikroorganisme, jenis tumbuhan yang potensial untuk fitoremediasi merkuri juga telah ditemukan sebanyak 21 Jenis, dari 8 lokasi areal pasca penambangan emas di 3 Kabupaten di Kalimantan Tengah. Tumbuh-tumbuhan yang ditemukan sebanyak 52,38% dari jenis rumput, 23,81% dari jenis perdu, 14,29% dari jenis pohon, dan 9,52% dari jenis paku-pakuan. Jenis tumbuhan yang memiliki kemampuan paling tinggi untuk mengakumulasi merkuri adalah dari jenis rumput sampahiring (*Cyperus* sp.), yakni sebesar 5,14 ppm.

Sosialisasi dan Implementasi Cara Eliminasi Merkuri (Hg) dari Lingkungan Menggunakan Metode Bioremediasi dalam Bioreaktor Sederhana Kepada Penambang Emas di Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah (Penelitian Program Penerapan Ipteks, didanai DP2M DIKTI, 2009, sebagai Ketua). Analisis Peranan Koenzim dan Kofaktor Ion Logam dalam Meningkatkan Aktivitas Bioremediasi Merkuri (Hg) oleh *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. Isolat Indigenus Sungai Kahayan Kalimantan Tengah (Hibah Fundamental, Dana DIKTI 2010, Ketua). Aplikasi konsorsium bakteri dan tumbuhan fitoremediator merkuri (Hg) untuk reklamasi lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah (Hibah Stranas Dikti, 2010-2011, Peneliti sebagai Ketua).

3.1 Penelitian yang dilaksanakan pada Tahun Kedua

Penelitian di tahun kedua, dilaksanakan di areal lahan pasca penambangan emas, yang berlokasi di Hampalit, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah. Selain tercemar merkuri, kondisi lahan pasca penambangan emas di Hampalit, Kalimantan tengah, juga mengalami perubahan bentang alam, kerusakan dari aspek fisik, kimia, maupun biologis tanah, sebagaimana tampak pada Gambar di bawah ini.



Pada penelitian ini, bentuk upaya perbaikan kondisi tanah berpasir pasca penambangan emas dilakukan dengan cara: 1) mengurangi toksisitas merkuri pada lahan, menggunakan metode bioremediasi dan fitoremediasi; 2) memperbaiki struktur dan tekstur tanah, melalui penambahan media seresah dan komponen organik dari limbah sawit; 3) meningkatkan unsur hara pada tanah berpasir, dengan cara menambahkan biofertiliser dan mikoriza; 4) meningkatkan vegetasi tumbuhan, melalui aplikasi tanaman penutup dari kelompok leguminosae (*Colopogonium* sp.) dan *Arachis* sp., serta 5) meningkatkan produktivitas lahan pasir, dengan melakukan ujicoba aplikasi jenis tumbuhan budidaya dari jenis tanaman kelapa sawit. Pemilihan tanaman kelapa sawit ini dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain: 1) berdasarkan beberapa hasil penelitian diketahui bahwa ada potensi

keberhasilan menumbuhkan kelapa sawit pada tanah berpasir, jika diberi perlakuan pengayaan dan pembenahan kondisi tanah sebelumnya; 2) tanaman kelapa sawit relatif mampu bertahan pada intensitas cahaya dan suhu yang cukup tinggi, seperti yang terdapat pada lahan berpasir pasca tambang emas; 3) prospek kelapa sawit dari aspek ekonomi cukup tinggi.

Tujuan utama penelitian pada tahun kedua adalah: melakukan uji efektivitas formula terbaik hasil penelitian tahun pertama, langsung pada lahan pasca penambangan emas di Hampalit, Kalimantan Tengah. Uji langsung pada skala lapang ini, masih sangat dibutuhkan untuk menguji kemampuan formulasi gabungan biofertilisasi, bioremediasi, dan mikoriza, dalam mengembalikan fungsi lahan ex tambang emas. Hasil yang diharapkan pada tahun kedua ini adalah ditemukannya prototype formula dan cara pemaketan formula, yang efektif dan efisien, serta mudah diaplikasikan oleh masyarakat di lapangan.

Penelitian ini melibatkan masyarakat di sekitar Hampalit dalam hal penyiapan bahan-bahan untuk biofertilizer plus, penanaman bibit kelapa sawit, dan pemeliharaan bibit sawit selama proses penelitian berlangsung. Bentuk perlakuan di lapangan di bedakan menjadi 3 macam perlakuan, berdasarkan perbedaan tekstur dan kemasan biofertilizer plus. Jumlah perlakuan ada 6 kombinasi, dengan 4 kali ulangan. Satu plot penanaman berisi 24 kombinasi perlakuan, dan jumlah plot penanaman di lapangan sebanyak 5 plot, dengan total perlakuan sebanyak 120 kombinasi perlakuan. Rancangan perlakuan sebagaimana tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Perlakuan Penelitian di Lapangan

No.	Perlakuan	Formula Bentuk Padat				Formula Bentuk Agregat Halus				Formula Bentuk Agregat Padat				
		Ulangan	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Komposisi Formula Terbaik I													
2.	Komposisi Formula Terbaik 2													

Umur bibit sawit yang ditanam di lapangan kurang lebih 1 tahun, yang diambil dari hasil pembibitan milik Dinas Perkebunan Propinsi Kalimantan Tengah. Aplikasi penanaman di

lapangan selama 6 bulan. Waktu selebihnya untuk perencanaan, penyiapan alat dan bahan, serta analisis dan pelaporan hasil.

Parameter yang diukur adalah:

1. Kandungan unsur hara makro dan mikro tanah sebelum dan sesudah perlakuan
2. Kandungan Hg tanah sebelum dan sesudah perlakuan
3. Kandungan pH tanah sebelum dan sesudah perlakuan
4. Pertumbuhan tanaman kelapa sawit, dan tanaman penutup
5. Kondisi fisik tanah yang meliputi tekstur, porositas, sebelum dan sesudah perlakuan

3.2 Rencana arah penelitian selanjutnya

Hasil-hasil penelitian yang dicapai akan terus dianalisis dan dievaluasi tingkat keberhasilan dan kegagalannya, serta akan terus dikembangkan hingga betul-betul teruji mampu mencapai kondisi yang diharapkan. Penelitian selanjutnya tetap difokuskan pada perbaikan kondisi lahan kritis pasca tambang, dengan menggunakan berbagai metode secara terpadu. Kerjasama dengan berbagai pihak juga akan terus dilanjutkan untuk mendukung upaya penelitian ke arah reklamasi ini.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tujuan utama penelitian pada tahun kedua adalah: melakukan uji efektivitas formula terbaik hasil penelitian tahun pertama, langsung pada lahan pasca penambangan emas di Hampalit, Kalimantan Tengah. Uji langsung pada skala lapang ini, masih sangat dibutuhkan untuk menguji kemampuan formulasi gabungan biofertilisasi, bioremediasi, dan mikoriza, dalam mengembalikan fungsi lahan pasca penambangan emas. Hasil yang diharapkan pada tahun kedua ini adalah ditemukannya prototype formula dan cara pemaketan formula, yang efektif dan efisien, serta mudah diaplikasikan oleh masyarakat di lapangan. Indikator keberhasilan penelitian tahun kedua ini diukur dari: 1) pengurangan polutan merkuri pada tanah, 2) peningkatan unsur hara tanah (makro dan mikro), 3) perbaikan stuktur dan tekstur tanah, 4) pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

4.1.1 Deskripsi Kegiatan Penelitian

Pada penelitian ini diuji 18 kombinasi perlakuan formulasi bioremediasi, biofertilisasi, mikoriza, dan bahan pengaya organik tanah (selanjutnya disebut kombinasi *biofertilizer plus*), dengan ulangan masing-masing sebanyak 3 kali. Kombinasi biofertilizer plus ini dibuat berlapis (multilayer biofertilizer). Lapisan pertama merupakan bahan pengaya organik, lapisan kedua merupakan kombinasi biofertiliser, mikoriza, dan isolat bioremediasi, sedangkan lapisan ketiga adalah tanah subur, masing-masing mengisi 1/3 bagian dalam lubang tanam.

Jenis bahan pengaya organik yang diujicoba berupa: arang kayu yang telah dihaluskan (Gambar 4.1 A), serat gergaji (Gambar 4.1 B), dan serat sawit (Gambar 4.1 C). Ketiga perlakuan ini diletakkan di dasar lubang tanam, sebelum diberikan bahan biofertilizer, bioremediasi, dan mikoriza.



Gambar 4.1 Jenis Bahan Pengaya Organik Tanah

Jenis biofertilizer yang digunakan merupakan gabungan bahan pengaya organik dan mikroorganisme penyubur tanah. Bahan bioremediasi berupa kelompok bakteri Gram negatif yang diisolasi dari areal penambangan emas di Kalimantan Tengah. Gambar 4.2 memperlihatkan kelompok seresah yang digunakan sebagai campuran biofertilizer.



Gambar 4.2 Seresah Daun dari 2 Jenis Gulma

Aplikasi biofertilizer plus dilakukan secara berlapis pada lubang tanam, dimulai dari bahan pengaya organik, komposisi biofertilizer, dan ditambah dengan tanah subur di lapisan atas. Gambar 4.3 memperlihatkan proses penanaman kelapa sawit pada lubang tanam.



Gambar 4.3 Aplikasi Biofertilizer Plus pada Lubang Tanam untuk Kelapa Sawit

4.1.2 Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit

Parameter pertumbuhan tanaman kelapa sawit diukur berdasarkan 3 indikator, yakni peningkatan tinggi batang tanaman, peningkatan diameter batang tanaman, dan peningkatan panjang pelepah tanaman kelapa sawit.

1) Peningkatan Tinggi Batang Tanaman Kelapa Sawit (cm)

Tabel 4.1. Peningkatan Tinggi Batang Tanaman Kelapa Sawit Pada Umur 4 Bulan Setelah Tanam

Bahan Pengaya Organik	Kombinasi Bahan Biofertilizer Plus			
	P1	P2	P3	Rata-rata (cm)
Serat Sawit	6,5	8,3	8,8	7,9
Serbuk Gergaji	7,5	5,3	7,2	6,7
Arang Kayu	8,5	8,7	7,8	8,3
Rata-rata (cm)	7,5	7,4	7,9	

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui pemberian kombinasi bahan pengaya organik berupa arang kayu dan kombinasi P3 dari biofertilizer plus rata-rata memberikan peningkatan tinggi batang yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

2) Peningkatan Diameter Batang Tanaman Kelapa Sawit (cm)

Tabel 4.2 Peningkatan Diameter Batang Tanaman Kelapa Sawit Pada Umur 4 Bulan Setelah Tanam

Bahan Pengaya Organik	Kombinasi Bahan Biofertilizer Plus			
	P1	P2	P3	Rata-rata (cm)
Serat Sawit	6,4	5,8	5,2	5,8
Serbuk Gergaji	4,6	4,5	5,3	4,8
Arang Kayu	5,6	7,9	5,8	6,4
Rata-rata (cm)	5,5	6,1	5,4	

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui pemberian kombinasi bahan pengaya organik berupa arang kayu dan kombinasi P2 dari biofertilizer plus rata-rata memberikan peningkatan diameter batang yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

3) Peningkatan Panjang Pelelepah Tanaman Kelapa Sawit (cm)

Tabel 4.3 Peningkatan Panjang Pelelepah Tanaman Kelapa Sawit Pada Umur 2 Bulan Setelah Tanam

Bahan Pengaya Organik	Kombinasi Bahan Bioremediasi, Biofertilizer, dan Mikoriza			
	P1	P2	P3	Rata-rata (cm)
Serat Sawit	10	13,5	11,2	11,6
Serbuk Gergaji	7,7	8,2	9,5	8,5
Arang Kayu	3,5	10,7	5,8	6,7
Rata-rata (cm)	7,1	10,8	8,8	

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui pemberian kombinasi bahan pengaya organik berupa serat sawit dan kombinasi P2 dari biofertilizer plus rata-rata memberikan peningkatan panjang pelepah sawit yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

4) Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit akibat Perlakuan Kombinasi Bioremediasi, Biofertilisasi dan Mikoriza

Tabel 4.4 Rata-rata Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit Pada Umur 4 BST, akibat Perlakuan Kombinasi Bioremediasi, Biofertilisasi, dan Mikoriza (Biofertilizer Plus)

Indikator Pertumbuhan	Kombinasi Bahan <i>Biofertilizer Plus</i>			
	P1	P2	P3	Rata-rata
Tinggi Batang (cm)	7,5	7,4	7,9	7,6
Diameter Batang (cm)	5,5	6,1	5,4	5,7
Panjang Pelepah (cm)	7,1	10,8	8,8	8,9
Rata-rata	6,7	8,1	7,4	

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui pemberian kombinasi bahan biofertilizer plus dari kelompok P2 rata-rata mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit, ditinjau dari aspek tinggi batang, diameter batang, dan panjang pelepah daun, dibandingkan dengan perlakuan P1 dan P3.

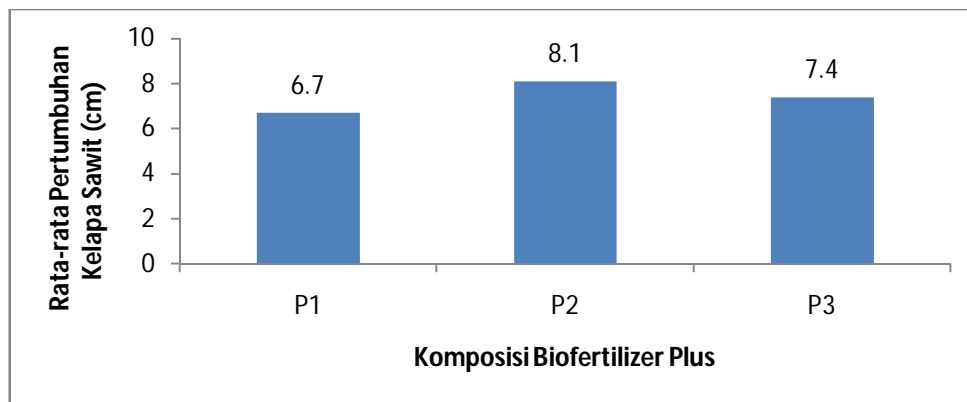
5) Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit Pada Umur 4 BST, akibat Perlakuan Jenis Bahan Pengaya Organik

Tabel 4.5 Rata-rata Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit Pada Umur 4 BST, akibat Perlakuan Jenis Bahan Pengaya Organik

Indikator Pertumbuhan	Jenis Bahan Pengaya Organik			
	Serat Sawit	Serbuk Gergaji	Arang Kayu	Rata-rata
Tinggi Batang (cm)	7,9	6,7	8,3	7,6
Diameter Batang (cm)	5,8	4,8	6,4	5,7
Panjang Pelepah (cm)	11,6	8,5	6,7	8,9

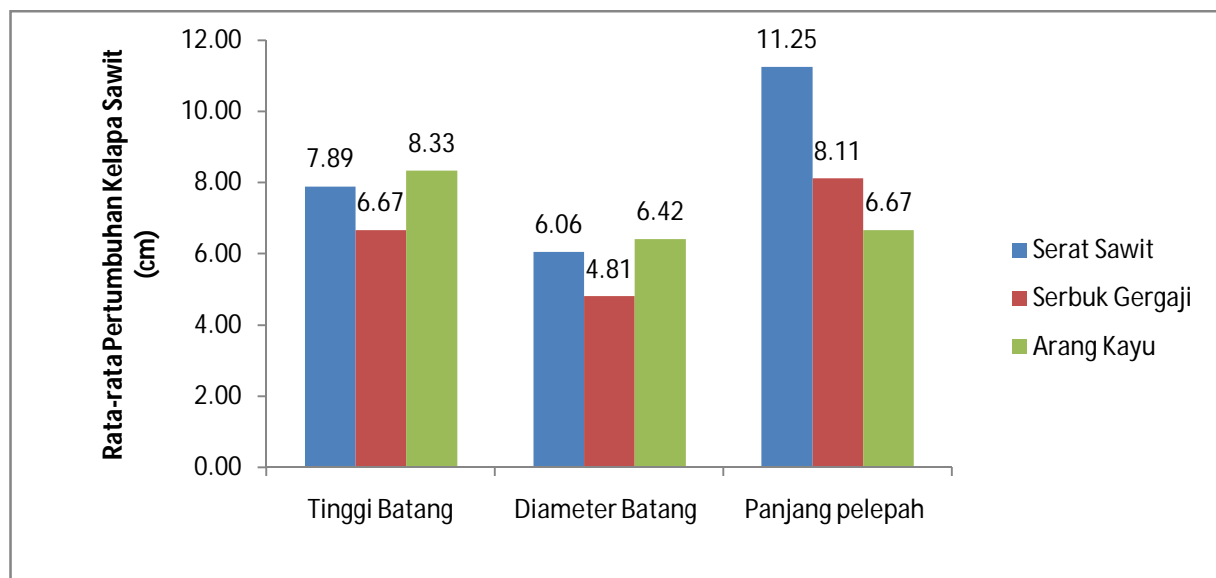
Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui pemberian kombinasi bahan pengaya organik dari jenis arang kayu rata-rata mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit, ditinjau dari aspek tinggi batang, diameter batang, dibandingkan dengan perlakuan menggunakan jenis serbuk gergaji dan serat sawit.

6) *Jenis Perlakuan Pengaya Bahan Organik dan Biofertilizer Plus yang Potensial Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit*



Gambar 4.4 Rata-rata Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit akibat Perlakuan Biofertilizer Plus

Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa perlakuan biofertilizer plus dari kelompok P2, yang terdiri dari kombinasi seresah+mikroorganisme untuk bioremediasi+kotoran sapi+pelarut limbah air kelapa (dikomposkan), dan ditambah mikoriza, memberikan dampak peningkatan pertumbuhan tanaman kelapa sawit yang lebih cepat pada lahan pasir pasca penambangan emas, dibandingkan dengan komposisi perlakuan lainnya.



Gambar 4.5 Rata-rata Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit akibat Perlakuan Bahan Pengaya Organik

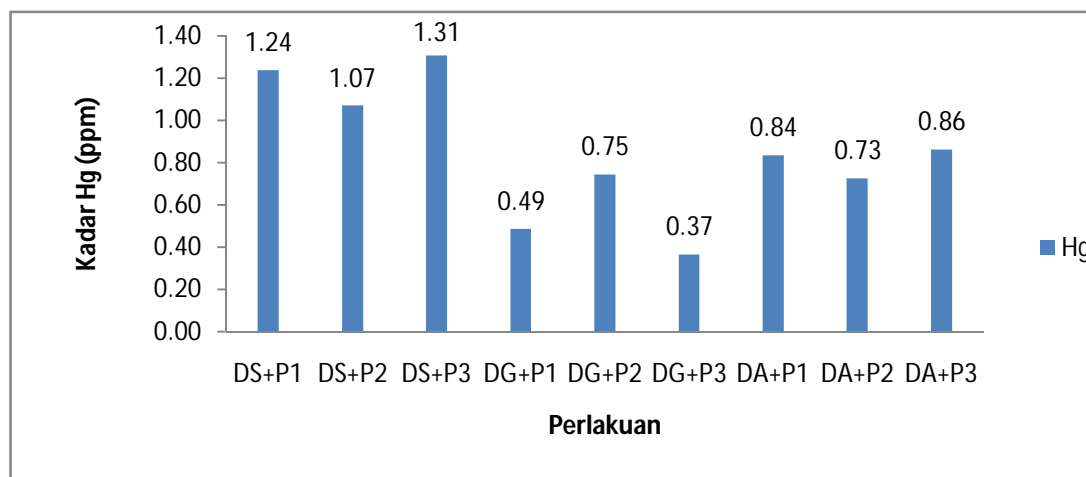
Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui bahwa perlakuan bahan pengaya organik dari jenis arang kayu, memberikan dampak peningkatan pertumbuhan tinggi batang dan diameter batang tanaman kelapa sawit yang lebih cepat pada lahan pasir pasca penambangan emas, dibandingkan dengan komposisi perlakuan lainnya.

7) Hasil Analisis Unsur Hara Tanah

Unsur hara tanah yang dianalisis dalam kegiatan penelitian ini, diantaranya adalah unsur hara N, P, K, Mg, ditambah dengan mengukur kadar polutan Hg yang masih terdapat pada tanah yang diberi perlakuan.

7.1 Hasil Analisis Kadar Hg Tanah

Hasil analisis awal terkait kadar Hg pada lokasi lahan pasca penambangan emas yang digunakan dalam penelitian ini, berkisar antara 2,4 – 4,17 ppm. Hasil analisis Hg setelah perlakuan, rata-rata sebesar 0,81 ppm, sebagaimana tampak pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Analisis Kadar Hg Tanah

Gambar 4.6 memperlihatkan bahwa jenis perlakuan yang lebih mampu menurunkan kadar Hg tanah adalah gabungan DG+P3. Perlakuan DG merupakan bahan pengaya organik menggunakan serat gergaji, yang dipadukan dengan kombinasi pupuk P3, yang terdiri dari gabungan kompos dari tandan kosong kelapa sawit+ seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos.

Tabel 4.6 Ringkasan Anova Kadar Hg Tanah

SK	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	6,183249	0,687028	19,48**	3,863	6,992
Galat	50	1,763069	0,035261			
Total	59	7,946318				

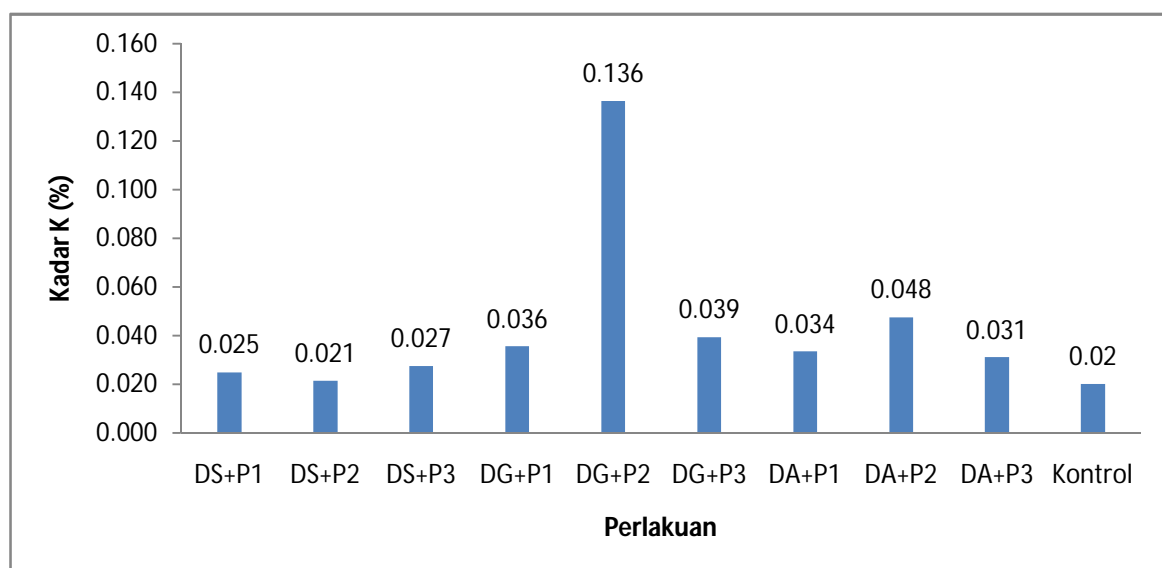
Tabel 4.6 memperlihatkan hasil ringkasan analisis varians dari kadar Hg tanah. Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa nilai $F_{hit(19,48)} > F_{tab(5\% \text{ dan } 1\%)}$. Hal ini berarti bahwa perlakuan kombinasi bioremediasi, biofertilisasi, dan penambahan mikoriza pada lahan pasca penambangan emas berpengaruh sangat signifikan terhadap kadar Hg pada tanah.

Tabel 4.7 Hasil Uji BNJ Kadar Hg Tanah

DGP3	DGP1	DAP2	DGP2	DAP1	DAP3	DSP2	DSP1	DSP1
0,36a	0,49a	0,73a	0,75a	0,84a	0,86a	1,07ab	1,24ab	1,31ab

Hasil uji BNJ Kadar Hg tanah pada Tabel 4.7 memperlihatkan bahwa perlakuan pemberian arang kayu (DA) maupun serbuk gergaji (DG), yang dipadukan dengan jenis biofertilizer P1, P2, maupun P3, sama-sama baiknya dengan DGP3 dalam hal menurunkan kadar Hg tanah, dibandingkan dengan perlakuan serat sawit.

7.2. Hasil Analisis Kadar K Tanah

**Gambar 4.7 Hasil Analisis Kadar K Tanah**

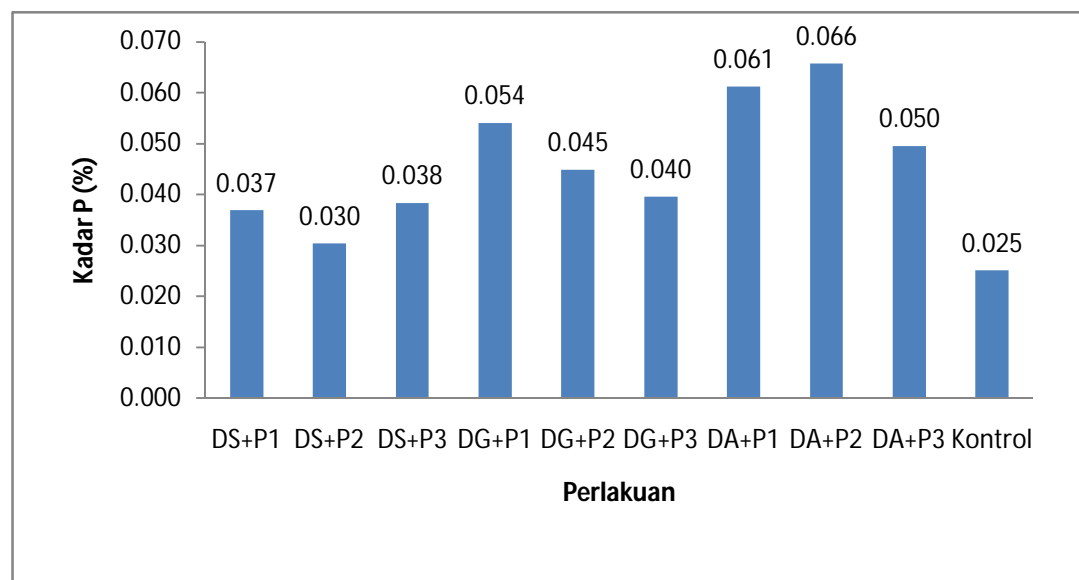
Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa jenis perlakuan yang lebih mampu meningkatkan kadar K tanah adalah gabungan DG+P2. Perlakuan DG merupakan bahan pengaya organik menggunakan serat gergaji, yang dipadukan dengan kombinasi pupuk P2, yang terdiri dari gabungan kompos dari seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos.

Tabel 4.8 Ringkasan Anova Kadar K Tanah

SK	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	0,063303	0,007034	0,87	3,863	6,992
Galat	50	0,404834	0,008097			
Total	59	0,468137				

Tabel 4.8 memperlihatkan hasil ringkasan analisis varians dari kadar K tanah. Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa nilai $F_{hit(0,87)} < F_{tab(5\% \text{ dan } 1\%)}$. Hal ini berarti bahwa perlakuan kombinasi bioremediasi, biofertilisasi, dan penambahan mikoriza pada lahan pasca penambangan emas tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar K pada tanah.

7.3. Hasil Analisis Kadar P Tanah



Gambar 4.8 Hasil Analisis Kadar P Tanah

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa jenis perlakuan yang lebih mampu meningkatkan kadar P tanah adalah gabungan DA+P2. Perlakuan DA merupakan bahan pengaya organik

menggunakan serbuk arang, yang dipadukan dengan kombinasi pupuk P2, yang terdiri dari gabungan kompos dari seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos.

Tabel 4.9 Ringkasan Anova Kadar P Tanah

SK	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	0,009544	0,00106	92,97	3,863	6,992
Galat	50	0,00057	1,14E-05			
Total	59	0,010114				

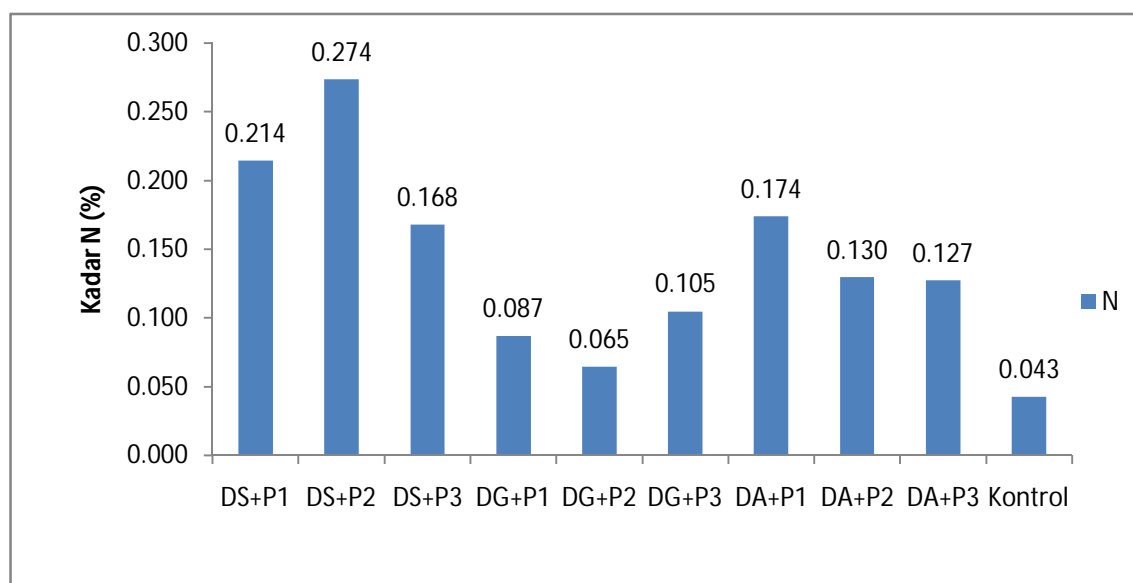
Tabel 4.9 memperlihatkan hasil ringkasan analisis varians dari kadar P tanah. Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa nilai $F_{hit(92,97)} > F_{tab(5\% \text{ dan } 1\%)}$. Hal ini berarti bahwa perlakuan kombinasi bioremediasi, biofertilisasi, dan penambahan mikoriza pada lahan pasca penambangan emas berpengaruh sangat signifikan terhadap kadar P pada tanah.

Tabel 4.10 Hasil Uji BNJ Kadar P Tanah

KONTROL	DSP2	DSP1	DSP3	DGP3	DGP2	DAP3	DGP1	DAP1	DAP2
0,024a	0,03a	0,037ab	0,038ab	0,04b	0,045b	0,05c	0,054c	0,061d	0,066d

Hasil uji BNJ Kadar P tanah pada Tabel 4.10 memperlihatkan bahwa perlakuan pemberian arang kayu (DA) yang dipadukan dengan jenis biofertilizer P2, yang terdiri dari kombinasi kompos dari seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos, dan P1, memberikan hasil peningkatan P yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

7.4 Hasil Analisis Kadar N Tanah



Gambar 4.9 Hasil Analisis Kadar N Tanah

Gambar 4.9 memperlihatkan bahwa jenis perlakuan yang lebih mampu meningkatkan kadar N tanah adalah gabungan DS+P2. Perlakuan DS merupakan bahan pengaya organik menggunakan serat sawit, yang dipadukan dengan kombinasi pupuk P2, yang terdiri dari gabungan kompos dari seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos.

Tabel 4.11 Ringkasan Anova Kadar N Tanah

SK	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	0,268077	0,029786	116,60**	3,863	6,992
Galat	50	0,012773	0,000255			
Total	59	0,28085				

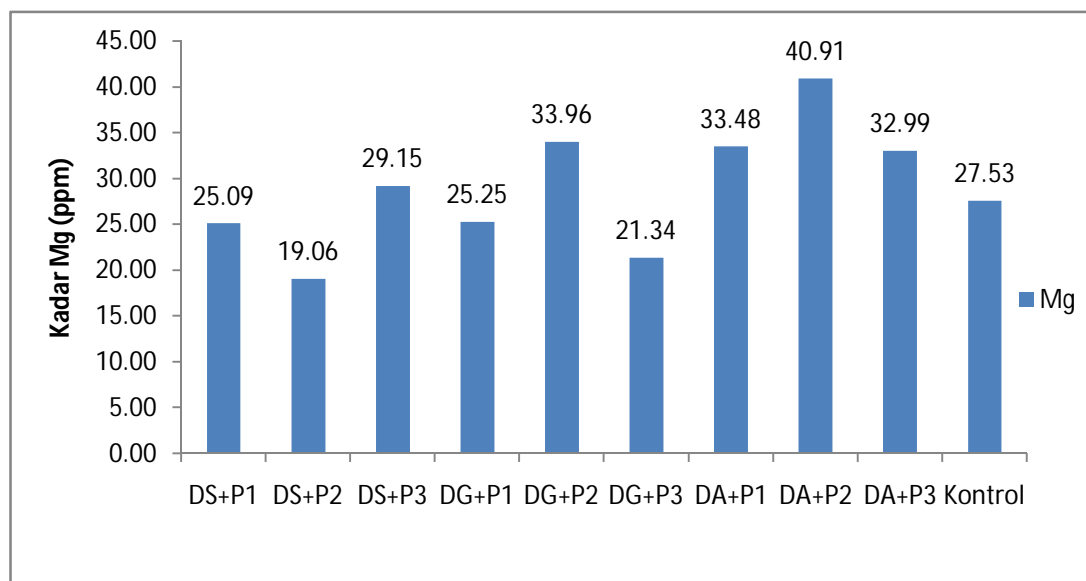
Tabel 4.11 memperlihatkan hasil ringkasan analisis varians dari kadar N tanah. Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa nilai $F_{hit(116,60)} > F_{tab(5\% \text{ dan } 1\%)}$. Hal ini berarti bahwa perlakuan kombinasi bioremediasi, biofertilisasi, dan penambahan mikoriza pada lahan pasca penambangan emas berpengaruh sangat signifikan terhadap kadar N pada tanah.

Tabel 4.12 Hasil Uji BNJ Kadar N Tanah

KONTROL	DGP2	DGP1	DGP3	DAP3	DAP2	DSP3	DAP1	DSP1	DSP2
0,043a	0,065a	0,087a	0,105ab	0,127ab	0,13ab	0,168b	0,174b	0,214b	0,274c

Hasil uji BNJ Kadar N tanah pada Tabel 4.12 memperlihatkan bahwa perlakuan pemberian serat sawit (DS) yang dipadukan dengan jenis biofertilizer P2, yang terdiri dari kombinasi kompos dari seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos, memberikan hasil peningkatan N yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

7.5 Hasil Analisis Kadar Mg Tanah



Gambar 4.10 Hasil Analisis Kadar Mg Tanah

Gambar 4.10 memperlihatkan bahwa jenis perlakuan yang lebih mampu meningkatkan kadar Mg tanah adalah gabungan DA+P2. Perlakuan DA merupakan bahan pengaya organik menggunakan serbuk arang, yang dipadukan dengan kombinasi pupuk P2, yang terdiri dari gabungan kompos dari seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos.

Tabel 4.13 Ringkasan Anova Kadar Mg Tanah

SK	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	2348,85	260,9833	17,47**	3,863	6,992
Galat	50	746,8629	14,93726			
Total	59	3095,713				

Tabel 4.13 memperlihatkan hasil ringkasan analisis varians dari kadar Mg tanah. Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa nilai $F_{hit(17,47)} > F_{tab(5\% \text{ dan } 1\%)}$. Hal ini berarti bahwa perlakuan kombinasi bioremediasi, biofertilisasi, dan penambahan mikoriza pada lahan pasca penambangan emas berpengaruh sangat signifikan terhadap kadar Mg pada tanah.

Tabel 4.14 Hasil Uji BNJ Kadar Mg Tanah

DSP2	DGP3	DSP1	DGP1	KONTROL	DSP3	DAP3	DAP1	DGP2	DAP2
19,06a	21,34a	25,09a	25,25a	27,53a	29,15a	32,99ab	33,48ab	33,96ab	40,91ab

Hasil uji BNJ Kadar Mg tanah pada Tabel 4.14 memperlihatkan bahwa perlakuan pemberian arang kayu (DA) yang dipadukan dengan jenis biofertilizer P1,P2, P3, memberikan hasil peningkatan Mg yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

4.2 Pembahasan

Hasil analisis data pertumbuhan tanaman memperlihatkan bahwa perlakuan penambahan arang kayu sebagai bahan pengaya organik memberikan hasil yang lebih baik pada pertumbuhan tinggi batang dan diameter batang tanaman kelapa sawit. Perlakuan serat sawit sebagai bahan pengaya organik, memberikan hasil berupa peningkatan panjang pelepah tanaman kelapa sawit.

Menurut Oosaka (2013) penambahan arang pada tanah merupakan habitat yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Arang juga mampu meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air, sehingga baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Arang memiliki tingkat alkalinitas yang tinggi, sehingga dapat mengurangi kadar keasaman tanah dan meningkatkan komponen-komponen kimiawi tanah. Arang sebenarnya bukan diperuntukkan sebagai fertilizern namun keberadaannya di dalam tanah dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Arang mengandung karbon sebesar 77,58%, substansi volatil 12,92%, dan abu 9,50%. Kandungan mineral yang terdapat dalam abu (%) SiO₂:36.5, Al₂O₃:10.9, CaO:19.2, K₂O:1.1, Na₂O₃:5.35, Fe₂O₃:7.5, MgO:10.3, P₂O₅:1.7.

Hasil analisis unsur hara tanah juga memperlihatkan bahwa perlakuan penambahan arang dapat membantu menurunkan kadar Hg tanah. Arang tidak berperan langsung dalam proses bioremediasi yang terjadi pada tanah, namun ikut terlibat dalam menunjang kehidupan

mikroorganisme tanah yang digunakan dalam penelitian ini, yakni dua jenis kelompok bakteri Gram negatif.

Penambahan arang sebagai bahan pengaya organik tanah, juga mampu meningkatkan kadar unsur hara tanah, seperti magnesium dan posfat, sedangkan penambahan serat sawit lebih meningkatkan unsur hara berupa nitrogen pada tanah. Arang memiliki kandungan Mg dan posfat (Oosaka, 2013), sedangkan komponen nitrogen merupakan salah satu penyusun jaringan pada serat sawit.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa perlakuan kombinasi bioremediasi, biofertilizer, dan penambahan mikoriza berpengaruh sangat signifikan terhadap kadar Hg tanah, dan juga terhadap unsur hara N, P, dan Mg tanah. Metode bioremediasi yang ditambahkan dalam penelitian ini, dimaksudkan untuk mengurangi polutan merkuri yang masih ada pada lahan pasir pasca penambangan emas. Menurut Nascimento & Souza (2003), bioremediasi merkuri menggunakan bakteri sangat potensial, karena bakteri berperan utama dalam siklus global merkuri di lingkungan alami. Bakteri menggunakan mekanisme intrasel untuk proses detoksifikasi merkuri, dengan cara mereduksi Hg^{2+} menjadi Hg^0 yang tidak toksik, oleh sekelompok enzim merkuri reduktase yang tergabung dalam operon *mer*. Hg^0 yang terbentuk kemudian berdifusi keluar dari dalam sel (Wagner-Döbler, 2003). Bioremediasi banyak menggunakan bakteri indigenus, meskipun ada juga yang menggunakan strain bakteri atau fungi dari luar (Mellor *et al.*, 1996).

Perlakuan biofertilizer menggunakan komposisi P2, yang terdiri dari gabungan kompos dari seresah+ kotoran sapi+mikroorganisme untuk bioremediasi dari kelompok KP+ limbah air kelapa sebagai pelarut kompos, rata-rata lebih mampu meningkatkan unsur hara tanah, terutama nitrogen, posfor, magnesium, dan kalium. Penambahan biofertilizer dengan komposisi P2 juga mampu meningkatkan diameter batang, dan panjang pelepah tanaman kelapa sawit.

Pada penelitian ini, bahan organik tidak berdiri sendiri, melainkan dikombinasikan dengan bahan bioremediasi yang menggunakan sekumpulan mikroorganisme, bahan biofertilizer yang dipadukan menggunakan bahan organik dari limbah tumbuhan dan bahan organik dari limbah hewan ternak, dan ditambah bahan pelarut yang menggunakan komponen air kelapa, serta mikoriza dan tanah subur. Biofertilizer berfungsi untuk membantu penyediaan hara pada tanaman, mempermudah penyediaan hara bagi tanaman membantu dekomposisi bahan organik, menyediakan lingkungan rhizosfer sehingga pada akhirnya akan mendukung pertumbuhan dan produksi peningkatan tanaman.

Penelitian ini juga memanfaatkan mikoriza, yang ditambahkan pada areal perakaran tanaman kelapa sawit. Mikoriza merupakan bentuk hubungan simbiosis mutualistik antara fungi dengan akar tumbuhan tingkat tinggi, tanaman inang memperoleh hara nutrisi sedangkan fungi memperoleh senyawa karbon hasil fotosintesis (Smith dan Read 2008). Beberapa manfaat mikoriza bagi pertumbuhan tanaman antara lain: (1) meningkatkan penyerapan unsur hara tanaman dari dalam tanah. Hal ini disebabkan mikoriza secara efektif dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan beberapa unsur hara mikro. Eksplorasi hifa pada media tumbuh juga lebih luas dibandingkan dengan akar tanaman (Satomura et al.2006; Santoso et al.2007); (2) meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan. Pada akar bermikoriza kerusakan jaringan kortek tidak akan bersifat permanen. Akar bermikoriza akan cepat pulih, karena hifanya masih mampu menyerap air pada pori tanah, dan penyebaran hifa yang luas akan dapat menyerap air lebih banyak (Querejeta et al. 2003).

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1) Aplikasi bioremediasi, biofertilisasi, dan mikoriza berpengaruh sangat signifikan terhadap penurunan kadar Hg tanah, peningkatan unsur hara Mg, N, dan P tanah pada lahan pasca penambangan emas di Hampalit, Kalimantan Tengah
- 2) Aplikasi bioremediasi, biofertilisasi, dan mikoriza, mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada lahan pasca penambangan emas di Hampalit Kalimantan Tengah.
- 3) Kombinasi bahan biofertilizer plus yang memberikan hasil peningkatan unsur hara tanah, penurunan kadar Hg tanah, dan peningkatan pertumbuhan tanaman kelapa sawit adalah perpaduan antara arang kayu, seresah, kotoran ternak sapi, pelarut air kelapa, dan mikoriza.

5.2 Saran

- 1) Masih dibutuhkan penelitian lanjutan untuk menguji keberhasilan aplikasi biofertilizer plus pada beberapa lokasi lahan pasca penambangan emas.
- 2) Masih diperlukan penelitian terkait cara pengemasan biofertilizer plus yang lebih efisien, efektif, dan ekonomis, sehingga lebih mudah diaplikasikan oleh masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1988. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Ed.20.3111 B. USA: American Public Health Association. APHA Washington DC.
- Colome, J., A.M. Kubinski, R. J. Cano, D. V. Grady. 1986. *Laboratory Exercises in Microbiology*. West Publ. Co. San Francisco.
- Neneng, L. 2007. Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. Disertasi. Tidak dipublikasikan. PPS: Universitas Negeri Malang.
- Neneng, L. 2008. Eksplorasi Isolat Bakteri Potensial untuk Bioremediasi Merkuri (Hg) dari Areal Penambangan Emas di Sungai Kahayan Kalimantan Tengah. *Jurnal Agritek*. Vol. 16. Hal. 189 – 194.
- Neneng, L. 2009. Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah. *Laporan Hibah Stranas Dikti*.
- Oosaka. 2013. Effect of soil microbil fertility by charcoal in coil. Institute of Technology Institute Kansai Environment Engineering Center. Kansai Electric Power Co. Ltd
- Paramanathan, S. 2011. Seleksi Lahan Kelapa Sawit. *Managing Director, Param Agricultural Soil Surveys (M) Sdn Bhd, A4-3 Jalan 17/13, Petaling Jaya, Selangor, Malaysia 46400. Fax: +60 3 7956 3900. E-mail: geologi@po.jaring.my*
- Portier, R.J., 1991. Application of Adapted Microorganisms for Site Remediation of Contaminated Soil and Ground Water. Dalam A.M. Martin (Ed.), *Biological Degradation of Wastes* (hlm. 247-259). London: Elsevier Applied Science.
- Santoso E, Turjaman M, Irianto RSB. 2007. Aplikasi mikoriza untuk meningkatkan kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan terdegradasi. Di dalam: Siran AS, Bismark M, Samsuudin I, Suhaendi H, Pratiwi, Haryono, Mardiah, editor. *Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Alam. Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian*. Padang, 20 Sep 2006. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Hlm 71–80.
- Santoso E. 1988. Pengaruh mikoriza terhadap diameter batang dan bobot kering anakan *Dipterocarpaceae*. *Bul Pen Hutan* 504:11–21.
- Smith SE, Read DJ. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition. London: Academic Press.
- Suhendrayatna, 2001. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: suatu Kajian Kepustakaan*. Makalah disajikan dalam Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21, Kerjasama antara Sinergy Forum dan PPI Tokyo Institute of Technology. 1-14 Februari.
- Tambunan, W.A. 2008. Kajian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Hubungannya dengan Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Kebun Kwala Sawit PTPN II. Tesis. SPs USU. Medan.

Wagner- Döbler, I., H.V. Canstein, Y. Li., K.N. Timmis, & W.D. Deckwer. 2000. Removal of Mercury from Chemical Wastewater by Microorganisms in Technical Scale. *J. Environ. Sci. Technol.* 34(21):4628-4634.

LAMPIRAN:

1. Karakteristik Bibit Sawit yang digunakan

Jumlah bibit sawit yang diambil sebanyak 70 bibit, dengan umur bibit saat pengambilan rata-rata 1,5 tahun. Kondisi pertumbuhan awal bibit: tinggi batang berkisar antara 13 cm – 16 cm, diameter batang 11 cm – 15 cm, dan panjang pelepah terpanjang berkisar antara 95 cm – 130 cm, sebagaimana tampak pada gambar di bawah ini.



Gambar 1 Bibit Sawit dari Lokasi Pembibitan di Desa Pundu, Kabupaten Katingan.

2. Karakteristik Limbah Sawit, dan Serasah yang Sebagai Komponen Biofertiliser

Jenis limbah sawit yang digunakan berupa limbah serat sawit yang telah dibuat perlakuan dengan limbar cair sawit, serat sawit, dan limbah tandan kosong kelapa sawit, yang diambil dari PKS Windu Nabatindo, Di Kabupaten Katingan. Pengolahan limbah sawit, tampak pada Gambar 2A. Bahan baku bokashi terbuat dari campuran limbah organik tumbuhan apu-apu dan limbah kotoran hewan (Gambar 2.B), serta serasah (Gambar 2 C), yang diambil dari limbah tumbuhan *Colopogonium* sp., sebagai mana tampak berikut ini.





Gambar 2 Bahan Biofertilizer dari Limbah Sawit (A), Bokashi (B), dan Seresah (C)

3. Karakteristik Isolat Mikroorganisme Untuk Proses Bioremediasi

Isolat mikroorganisme yang digunakan untuk proses bioremediasi, berasal dari hasil isolasi dan seleksi dari areal penambangan emas di Sungai Kahayan, Kalimantan Tengah. Potensi isolat ini telah diketahui mampu menurunkan kadar pencemaran merkuri baik pada media cair maupun pada tanah. Isolat ini merupakan konsorsium bakteri, yang terdiri dari kelompok bakteri Gram negatif *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp., sebagaimana tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Konsorsium Isolat Mikroorganisme untuk Bioremediasi

4. Karakteristik Tanaman Penutup

Jenis tanaman penutup yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jenis *Arachis* sp. Pemilihan jenis tanaman ini berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, karena mampu meningkatkan kelembaban tanah berpasir, sistem perakarannya ekstensif, dan mudah beradaptasi di lingkungan tanah berpasir (Gambar 4).



Gambar 4. Tanaman *Arachis* sp. Sebagai Tanaman Penutup

Lokasi penelitian merupakan salah satu lahan bekas penambangan emas yang ada di Kabupaten Katingan Kalimantan Tengah, Kondisi lahan didominasi oleh pasir dan kerikil, serta keadaan tanah yang cukup kering (Gambar 5).



Gambar 5. Lokasi Penelitian di Lahan Pasca Penambangan Emas

Aplikasi bahan pengaya organik pada lubang tanam. Bahan pengaya organik tanah ini dimaksudkan untuk meningkatkan kadar senyawa organik tanah, sekaligus untuk menjaga

kelembaban tanah, serta mengurangi laju porositas air tanah. Pada penelitian ini diuji coba 3 jenis bahan pengaya organik tanah, yakni: arang kayu yang dihaluskan, serat gergaji, dan serat sawit (Gambar 6).



Gambar 6. Jenis Bahan Pengaya Organik Tanah

Bahan biofertilizer, bioremediasi, dan mikoriza, diaplikasikan tepat di atas bahan pengaya organik tanah. Tujuan pemberian bahan-bahan ini adalah untuk meningkatkan unsur hara tanah yang diharapkan memberikan peluang tanaman produktif untuk tumbuh dengan baik pada lahan pasca penambangan emas.



Gambar 7. Penambahan Bahan Biofertilizer Plus pada lubang tanam



Gambar 8. Penanaman Kelapa Sawit Pada Lubang Tanam



Gambar 9. Kelapa Sawit di Lahan Percobaan

A. LAMPIRAN KESEDIAAN KERJASAMA MITRA



PEMERINTAH PROVINSI KALIMANTAN TENGAH
DINAS PERKEBUNAN

Alamat : Jalan Jenderal Soedirman No. 18 Telp. (0536) 3221363
PALANGKA RAYA

SURAT PERNYATAAN MITRA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Ir. RAWING RAMBANG**
NIP. : 19901004 199003 1 004
Jabatan : Kepala Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Tengah.
Alamat : Jalan Jenderal Sudirman No. 18 Telp. (0536-3221363)
Palangka Raya.

Degan ini menyatakan :

1. Bersedia bekerjasama Kemitraan dalam Penelitian Prioritas Nasional MP3EI Tahun 2013 Universitas Palangka Raya (UNPAR).
2. Bersedia mendukung kegiatan Penelitian yang berjudul : APLIKASI BIOREMEDIASI, MIKORIZA DAN BIOFERTILISASI UNTUK MENUNJANG PERTUMBUHAN TANAMAN KELAPA SAWIT PADA LAHAN PASCA PERTAMBANGAN EMAS DI KALIMANTAN TENGAH.
3. Pernyataan ini dibuat dengan penuh tanggung jawab, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palangka Raya, 20 Nopember 2012

Kepala Dinas Perkebunan Provinsi
Kalimantan Tengah,



Ir. RAWING RAMBANG, MP
NIP. 196601004 199003 1 004

